Annexe 1 Programme de Maintenance Préventive Annuel

**Planning prévisionnel d’intervention pour les opérations de maintenance**

Les visites et interventions sont planifiées selon des gammes de maintenance qui sont établies à partir des recommandations des constructeurs et à la lumière de l’expérience et des évènements constatés. Le planning prévisionnel de maintenance devra être communiqué par le Prestataire au Client dans les dix (10) jours suivant le début de chaque Année Contractuelle. Le planning devra préciser les interventions impliquant une limitation de puissance injectée et/ou indisponibilité de la Centrale pour les besoins de planification de la STEG, conformément aux exigences du Code Réseau[[1]](#footnote-1).

**Note : à clarifier ici qui sera en charge de l’envoi du planning de maintenance préventive à la STEG (en principe responsabilité du Client, sauf si le Prestataire en est en charge au titre de ses obligations en lien avec la gestion administrative de la Centrale (cf. tâche optionnelle 6.1 dans le Contrat).**

**Gamme de maintenance des équipements**

La Maintenance Préventive est déclinée sous forme de « gammes » qui décrivent les opérations et leur périodicité sur les biens, matériels et équipements techniques, à des fins de planification.

Les abréviations suivantes décrivent l'importance et la fréquence des tâches de Maintenance Préventive liées à chaque composant de l'installation solaire :

* Q : Quotidien,
* M : Mensuel ;
* T : Trimestriel ;
* S : Semestriel ;
* A : annuel ;
* nA : tous les n ans ;
* TOT : Centrale totale ;
* P : Partie définie dans la Centrale
* PA : Partie aléatoire dans la Centrale.

**Note : les gammes de maintenance ci-après sont communiquées à titre indicatif. Elles devront être adaptées par les Parties compte tenu de la performance attendue des équipements, compte tenu des préconisations du fournisseur de chaque typologie d’équipement, des caractéristiques du Site et des exigences ou souhaits des Parties.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Equipement** | **Tâche** | **Fréquence** | **Etendue** | **Commentaires** |
| **Modules PV** | | | | |
|  | Contrôle de l’état général des modules | A | T | Inspection visuelle |
| Inspection thermographique | A | P | [10%] de la centrale |
| Contrôle de la fixation mécanique des modules | A | T | Inspection visuelle / manuelle |
| Nettoyage des modules | S | T | [2] nettoyages par an |
| Vérification de la continuité des conducteurs de terre | A | T | Inspection visuelle |
| **Armoires et tableaux électriques** | | | | |
|  | Inspection générale des équipements :   * Boites de jonction DC * Tableaux de distribution AC * Tableaux électriques auxiliaires * Tableau général * Armoire station météo * Armoire système de surveillance | A | T | Inspection visuelle |
| Vérifications de l’identification (étiquettes) | A |  | Inspection visuelle |
| Contrôle de l’étanchéité des boitiers | S | T | Inspection visuelle |
| Vérification des protections électriques | A | T |  |
| Entretien courant des armoires (mesure U, I, etc)  Contrôle visuel de l’état du câblage, dépoussiérage et nettoyage de l’armoire, contrôle des signalisations, etc. | A | T | Inspection manuelle |
| Contrôle mécanique et resserrage si nécessaire  (supports, fixations, connexions, etc.). | A | T | Inspection manuelle |
| Thermographie des boites de jonction et armoires électriques | A | T | Inspection manuelle |
| Vérification de la continuité des conducteurs de terre | A | T | Inspection manuelle |
| Vérifications des dispositifs de protection contre les surcharges et court‐circuit, organes de coupure et d‘isolement | A | T | Inspection manuelle |
| Vérifications de la sensibilité des protections différentielles | A | T | Inspection manuelle |
| Essais de charge et décharge des alimentations auxiliaires | A | T | Inspection manuelle |
| Mise à jour de la documentation technique (plans, schémas) | 2A | T |  |
| **Câbles** | | | | |
|  | Inspection générale des équipements (câbles CC, câbles AC, communication, …) | A | T | Inspection visuelle |
| Vérification de l’identification | A | T | Inspection visuelle |
| Vérification des terminaisons et connexions | A | T | Inspection visuelle |
| Mesures des chaînes de modules (U/I) | A | PA | [5%] des chaînes de modules |
| **Onduleurs** | | | | |
|  | Contrôle de bon fonctionnement et absence d’alarmes | Q | T |  |
| Inspection générale de l’équipement | S | T | Inspection visuelle |
| Vérification de la bonne ventilation du local ou de l’onduleur | S | T | Inspection visuelle |
| Vérification des organes de protection amont et aval | S | T | Inspection manuelle |
| Contrôle visuel des composants de l'équipement (signes de vieillissement, points chauffes, fonctionnement des ventilateurs, filtres) | S | T | Inspection visuelle |
| Contrôle des connexions et des connecteurs et serrage | S | T | Inspection manuelle |
| Contrôle fonctionnement en marche normale | S | T | Inspection visuelle/manuelle |
| Vérification de la continuité des conducteurs de terre | S | T | Inspection visuelle |
| Nettoyage des filtres (si nécessaire) | S | T | Inspection manuelle |
| Remplacement des filtres et/ou ventilateurs | 3A | T | Selon recommandations du fabricant |
| **Transformateurs BT/MT** | | | | |
|  | Inspection générale des équipements :   * Transformateurs de puissance * Transformateurs auxiliaires | A | T | Inspection visuelle |
| Contrôle d'absence d'alarme (rondes techniques) | Q | T | Inspection visuelle |
| Dépoussiérage des connectiques et des isolants. | A | T | Inspection manuelle |
| Contrôle des verrouillages, graissage des mécanismes | A | T | Inspection manuelle |
| Contrôle résistance de terre et continuité des terres, resserrage si nécessaire | A | T | Inspection visuelle/manuelle |
| Recherche de points chauds par contrôle thermographique infrarouge | A | T | Inspection manuelle |
| Vérification fonctionnelle des capteurs et relais | A | T | Inspection manuelle |
| Vérification du niveau d'huile (le cas échéant) et de la température max. | A | T | Inspection visuelle |
| Vérification des dispositifs de décharge de surtension MT | A | T | Inspection visuelle |
| **Cellules MT** | | | | |
|  | Inspection générale des équipements y compris de sécurité | A | T | Inspection visuelle |
| Contrôle visuel des protections électriques | A | T | Inspection visuelle |
| Contrôle thermographique | A | T | Inspection visuelle |
| Vérification du fonctionnement des capteurs | A | T | Inspection visuelle |
| Contrôle des mesures | A | T | Inspection visuelle |
| Contrôle de bon fonctionnement | A | T | Inspection visuelle |
| Vérification de l’état des fusibles | A | T | Inspection visuelle |
| Vérification des bornes de câblage | A | T | Inspection visuelle |
| Vérification de l’alimentation de secours | A | T | Inspection visuelle |
| Lubrification | 5A | T | Selon recommandations du fabricant |
| Remplacement des pièces mécaniques | 5A | T | Selon recommandations du fabricant |
| Remplacement de l’alimentation de secours | 3A | T | Selon recommandations du fabricant |
| **Structures** | | | | |
|  | Vérification de l‘alignement des tables | A | T | Inspection visuelle |
| Présence mise à la terre structures, contrôle serrage boulon sur barrette | A | T | Vérification visuelle de continuité |
| Contrôle de fixation des modules | A | T | Inspection visuelle |
| Vérification de l’oxydation | A | T | Inspection visuelle |
| Inspection visuelle et contrôle des serrages | A | T | Inspection visuelle/manuelle |
| **Sécurité, Anti-intrusion, Vidéoprotection** | | | | |
| Extincteurs | Contrôle de l’attribution à l’emplacement, vérification du plombage. | A | T | Inspection manuelle |
| Vérification des extincteurs (étanchéité, poids et  pression, efficacité des charges, plaques signalétiques,…) | A | T | Inspection manuelle |
| Epreuves « appareils sous pression » | A | T | Inspection manuelle |
| Système anti-intrusion | Contrôle visuel de l’état général | A | T | Inspection visuelle |
| Contrôle visuel des anneaux de détection | A | T | Inspection visuelle |
| Contrôle du câble bélier (résistance mécanique) | A | T | Inspection visuelle/manuelle |
| Caméras | Vérification et réglage des positionnements des caméras sur supports | A | T | Inspection manuelle |
| Contrôle des connecteurs et des câbles de raccordement | A | T | Inspection visuelle |
| Nettoyage des optiques et des vitres des caissons caméras | A | T | Inspection manuelle |
| Contrôle du serveur | A | T | Inspection manuelle |
| Contrôle du bon fonctionnement sur détection d’alarme | A | T | Inspection manuelle |
| **Station Météo** | | | | |
|  | Contrôle de l’état général des capteurs | A | T | Inspection visuelle |
| Contrôle de la fixation des équipements de la station météorologique | A | T | Inspection manuelle |
| Contrôle de la bonne inclinaison des pyranomètres | A | T | Inspection manuelle |
| Contrôle des connecteurs et des câbles de raccordement | A | T |  |
| Recalibration des pyranomètres | 2A | T |  |
| **Entretien général du site** | | | | |
|  | Contrôle de la propreté générale du site | A | T | Inspection visuelle |
|  | Contrôle de la végétation | T | T | Taille si nécessaire – fonction localisation géographique |
|  | Contrôle de l’ensablement | T | T | Déblayage si nécessaire – fonction localisation géographique |
|  | Inspection et entretien du système de drainage | A | T | Inspection visuelle |
| **Stock de pièces détachées** | | | | |
|  | Inventaire et inspection du stock | M | T | Inventaire physique |

Annexe 2 Description de la Centrale et du périmètre d’action du Prestataire

1. **Description de la Centrale**

**Note : La description de la Centrale peut comporter les points suivants, toutefois il est conseillé de se référer au DOE (dossier d’ouvrage exécuté) et d’en remettre une copie au Prestataire avant la Prise d’Effet du Contrat, afin de bien refléter les équipements effectivement installés sur la Centrale.**

**Il est également conseiller de veiller à ce que le Prestataire ait bien tous les manuels d’utilisation des équipements, les schémas et plans de la Centrale les garanties des fabricants, les certificats, et les contacts du constructeur et des fabricants pour la mise en jeu de leurs garanties.**

|  |  |
| --- | --- |
| Nom de la Centrale |  |
| Adresse |  |
| Date de mise en service |  |
| Maitre d’ouvrage |  |
| Constructeur EPC |  |
| Garantie de construction |  |
| Puissance |  |
| Puissance installée en kWc |  |
| Puissance nominale au point de livraison et facteur de puissance |  |
| Modules |  |
| Modules – Puissance unitaire des modules à STC- Modèle et nom du fabricant |  |
| Nombre de modules installés |  |
| Garanties |  |
| Structure |  |
| Structure (Modèle et nom du fabricant) |  |
| Type de structure |  |
| Azimut et degré d’inclinaison |  |
| Garantie |  |
| Boites de Jonction |  |
| Nombre de boites de jonction |  |
| Modèle et nom du fabricant |  |
| Garantie |  |
| Onduleurs/ Poste de transformation |  |
| Onduleurs (Puissance nominale- Modèle et nom du fabricant) |  |
| Nombre d’onduleurs installés |  |
| Garantie |  |
| Poste(s) de transformation (Modèle et nom du fabricant) |  |
| Nombre de poste(s) de transformation |  |
| Garantie |  |
| Poste de Livraison et liste des équipements associés |  |
| Système de monitoring et SCADA |  |
| Pyranomètre |  |
| Pyranomètre (le cas échéant) Modèle et nom du fabricant |  |
| Nom de pyranomètre |  |
| Garantie attachée |  |
| Autres …. |  |
| Systèmes de vidéo surveillance |  |
| Réseau de communication pour le système de monitoring |  |
| Portail d’accès et clôture |  |

1. **Périmètre d’action**

**Les Parties peuvent préciser ici des points tels que des fournitures et prestations exclues du Contrat, ou le niveau de maintenance corrective attendue en fonction des différents équipements et garanties existants, ou des points plus particuliers, relatifs au Site ou à la Centrale.**

Annexe 3 Liste des pièces de rechanges initiale

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Numéro** | **Pièces de rechange** | **Quantité minimale** |
| **1** | Modules | [0,5% du parc] |
| **2** | Pièces de rechange d’onduleurs (par exemple, modules de puissance, disjoncteurs, contacteurs, commutateurs, carte de contrôleur, etc.) | En fonction des recommandations du fabricant. |
| **3** | Onduleur à strings ou boite de jonction complet | [3% du nombre installé] |
| **4** | Alimentation sans interruption (UPS) | [1] |
| **5** | Pièces de rechange du contrôleur de centrale | [1] |
| **7** | Pièces de rechange SCADA et système de communications | [1] |
| **8** | Pièces de rechange pour transformateur et interrupteur-sectionneur | [1] |
| **9** | Capteurs de stations météo | [1] |
| **10** | Moteurs et boîtiers de transmission pour trackers | [1] |
| **11** | Fusibles pour tous les équipements (onduleurs, combineurs, etc.) et kits de fusibles |  |
| **12** | Faisceaux de câbles optiques (+ terminaux) et câbles électriques |  |
| **13** | Tête de câbles (MT) |  |
| **14** | Jeu d’assemblage des supports |  |
| **15** | Jeu de connexion des modules |  |
| **16** | Vis et autres consommables |  |
| **17** | Equipement de sécurité (par exemple caméras) | 1 |

**Note : La liste des pièces de rechange indiquée ci-dessus est à titre indicatif. Elle devra être adaptée par les Parties compte tenu de la disponibilité attendue des équipements, compte tenu des préconisations du fournisseur de chaque typologie d’équipement, des caractéristiques du Site et des exigences ou souhaits des Parties.**

**Par ailleurs, les paramètres suivants doivent être pris en compte lors de l’établissement de cette liste :**

**• la fréquence du défaut**

**• l’impact du défaut**

**• le coût de la pièce de rechange et son temps d’approvisionnement jusqu’au Site**

**• la dégradation dans le temps**

**• la possibilité de consignation de stock avec le fabricant**

**• la fiabilité de l'équipement**

Annexe 4 Liste des prix (taux horaires, services, pièces)

**Les Parties sont invitées à définir les prix des prestations exclues du forfait et/ou à définir le prix de la main d’œuvre, notamment pour les Prestations Complémentaires telles que définit à l’article 7 du Contrat.**

**Par ailleurs, le prix unitaire et initial des pièces de rechanges doit être mentionné. Les modalités d’actualisation des prix seront déterminées par les Parties.**

Annexe 5 Calcul de Disponibilité

**1. Garantie de disponibilité**

Le Prestataire garantit que la Disponibilité Technique (telle que définie à l’article 2 ci-dessous) de la Centrale sera d'au moins *[98-99% ]* la première année et d'au moins *[99,0 %]* les années suivantes (la " **Disponibilité Garantie** (DG) ") pendant chaque Année Contractuelle à compter de la date à laquelle le présent Contrat prend effet (la " Période Test").

La Disponibilité Technique (telle que définie à l’article2 ci-dessous) pour chaque Période Test (ou au prorata de celle-ci) sera calculée conformément à l’article 2 et comparée à la Disponibilité Garantie. Si la Disponibilité Technique tombe en dessous de la Disponibilité Garantie, des pénalités forfaitaires seront dues conformément à l'article 3 de la présente Annexe.

Si des données d'irradiation sur Site sont partielles ou incomplètes au cours d'une Période Test, le Client et le Prestataire reconnaissent et conviennent que le Prestataire peut utiliser d'autres données d'irradiation appropriées provenant des satellites et autres installations pour estimer l’ensoleillement pendant la période visée.

**2. Calcul de la Disponibilité Technique**

La Disponibilité Technique (“DT”) sera définie et calculée comme la moyenne de disponibilité de tous les onduleurs (Di) pendant la Période Test selon la formule suivante :

Disponibilité d’un onduleur :

Où :

= période de temps durant laquelle l’onduleur ou le sous-composants produit de l’électricité.

= période de temps à exclure en raison de la présence d’un Evènement Excusable.

= période de temps avec irradiation supérieure à [50-100] W/m² dans le plan des modules.

**Note : Dans le cas où des onduleurs centraux ont été installés, une disponibilité basée sur un onduleur central en fonctionnement ou non (sortie >0kWh) ne reflète pas bien la disponibilité et les performances. Il est donc préférable de se baser sur les sous-unités de l’onduleur (boite de jonction, entrées DC ou module AC « power stack ») pour le calcul de la Disponibilité Technique au lieu de l’onduleur (exemple : calculer la Disponibilité Technique (“DT”) comme la moyenne de la disponibilité des entrées DC).**

Dans le cas où la puissance DC affectée à chaque onduleur (PDC) est différente, la disponibilité de l'installation totale (DT) avec une puissance crète totale installée de PDC (total) peut être définie comme suit :

Pour le calcul de la disponibilité, on prendra comme base les données d'irradiation et de production sur des temps de mesures de [15 minutes].

**Temps d’exclusions :**

Les évènements suivants constitueront des périodes d’exclusion ), dans le calcul de la Disponibilité :

* Les évènements précisés à l’article 4.2 et 6.5 du Contrat et pour lesquels le Prestataire ne serait être tenu responsable ;
* Indisponibilité ou restriction de puissance du réseau STEG, hormis le cas où cette indisponibilité serait du fait d’un défaut ou omission du Prestataire ;
* Perturbation de l'exploitation liée à une de perturbation du réseau de la STEG, hormis le cas où cette perturbation serait du fait d’un défaut ou omission du Prestataire ;
* Le débranchement ou la réduction de la production d'énergie à la suite d'un ordre donné au Client par une autorité ;
* Conditions ambiantes (par exemple qualité de l'air, température, humidité) en dehors des plages de valeurs admissibles des onduleurs et transformateurs et dont la responsabilité du Prestataire ne peut être engagée.

**Note : Les temps d'arrêt résultant de pannes de composants MT (par exemple, transformateur, appareillage de commutation) pourraient être aussi exclues, dans le cas où le Prestataire ne pourrait assurer lui-même les réparations (besoin d’intervention du fabricant). Ceci peut notamment dépendre de la taille et de la localisation de la Centrale.**

**3. Pénalités**

*Option 1 :*

Dans l'éventualité où la Disponibilité Technique (" DT ") serait inférieure à la Disponibilité Garantie (« DG »), la perte d'électricité (∆E) produite par la Centrale en raison du manque de disponibilité sera calculée comme suit :

Le Prestataire devra alors payer au Client les Pénalités suivantes :

Où :

DG est la Disponibilité Garantie

DT est la disponibilité technique calculée pendant la Période Test

P est le montant des Pénalités due pour la Période Test

E est la production d’énergie (kWh) telle que lue par le système de comptage (STEG) pour la Période Test

PAE est le prix d'achat moyen de l'énergie par la STEG sur la Période Test (TND/kWh)

*OU*

*Option 2 :*

Si la Disponibilité Technique est inférieure au niveau de Disponibilité Garantie pendant une Période Test, le Prestataire devra payer au Client des Pénalités forfaitaires de \_\_\_\_\_\_ TND par 1% de déficit en Disponibilité Technique.

La réduction du Prix des Services sera calculée au prorata à deux décimales pour toute fraction de 1 % manquante (c'est-à-dire \_\_\_\_\_ TND par 0,1 %) dans la Disponibilité Technique.

**4. Bonus**

Si la Disponibilité Technique est supérieure à *[99]*% pendant une Période Test, le Client devra payer au Prestataire un bonus forfaitaires de \_\_\_\_\_\_ TND par 1% de Disponibilité Technique en plus.

**L’application d’un mécanisme de bonus est optionnelle. Toutefois il permet aux deux Parties de bénéficier de valeur octroyée par le surplus de disponibilité/production. Dans la pratique, le montant du bonus peut par exemple être équivalent à [25-50]% du bénéfice induit par chaque kWh supplémentaire.**

Annexe 6: Exemples de rapports annuels et/ou correctifs

**Les Parties peuvent ici convenir de modèles de rapport, comportant les informations décrites en à l’article 6.7 du Contrat concernant un modèle de rapport mensuel d’exploitation, ou d’autres formes de rapport souhaité (actions correctives, etc.).**

Annexe 7: Manuels de maintenance

**Cette Annexe devra inclure tous les manuels et instructions de maintenance des équipements de la Centrale tels que communiqués par les fournisseurs concernés.**

Annexe 8: Liste des sous-traitants

**Le Prestataire devra préciser ici l’ensemble des sous-traitants qu’il compte utiliser pour remplir les Services du Contrat.**

Annexe 9: Représentants du Client et du Prestataire

Annexe 10 Assurances

**La présente Annexe fournit une liste des polices d’assurances habituellement requises pour le type de projet considéré en phase exploitation. Il est recommandé dans tous les cas de valider les polices auprès des assureurs/courtiers qui seront associés au Projet considéré avant la signature du Contrat.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Obligations d'assurances en vertu du présent Contrat** | |
| Assurance du Prestataire O&M | Le Prestataire d'exploitation et de maintenance doit souscrire et maintenir pendant toute la durée du présent Contrat et jusqu'à ce qu'il s'acquitte de ses obligations en vertu du Contrat, les assurances suivantes avec la couverture minimale indexée suivante :   * **Une assurance responsabilité civile** avec une couverture minimale de [ ] TND ([ ] millions de Dinars) [pour chaque sinistre][annuellement pour l'ensemble de ses obligations] ; * **L’assurance de la responsabilité civile professionnelle** : qui doit contenir des limites d'indemnisation d'au moins [ ] TND ([ ] millions de Dinars) [pour chaque sinistre][annuellement pour l'ensemble de ses obligations] ; * Les assurances sociales en conformité avec les dispositions de la loi numéro 94-28 du 21/02/1994 relative au régime de réparation en matière d’accidents du travail et maladies professionnelles. * L’assurance responsabilité de l'employeur avec une couverture minimale exigée par la loi ; et * D’un montant qui n'est pas inférieur à [ ] TND ([ ] millions de Dinars)[pour chaque demande d'indemnisation][par an au total] contre la responsabilité de l'entrepreneur O&M en cas de dommages ou de perte de pièces de rechange stockées hors site ou non couvertes par une assurance maintenue par la société de projet. |
| Assurance du Client | Le Client souscrit et maintient pendant toute la durée du présent Contrat et jusqu'à ce qu'elle s'acquitte de ses obligations au titre du présent Contrat, les assurances suivantes avec la couverture minimale indexée suivante :   * D’un montant au moins égal à la valeur totale de remise en état de l'installation en cas de dommages ou de pertes subis par la Centrale ; et * D’un montant qui n'est pas inférieur à [ ] TND ([ ] millions de Dinars)[pour chaque sinistre][annuellement au total] contre les pertes d'exploitation. |

1. « Arrêté de la ministre de l’énergie, des mines et des énergies renouvelables du 9 février 2017, portant approbation du cahier des charges relatif aux exigences techniques de raccordement et d’évacuation de l’énergie produite à partir des installations d’énergies renouvelables raccordées sur le réseau haute et moyenne tension. » ou toute version ultérieure du document [↑](#footnote-ref-1)